

443325

-7 ENE. 1976

P.- 61.909

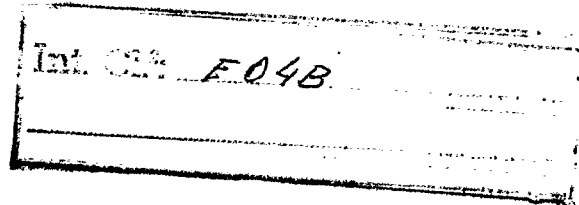
Case NO. 5509
CONSOLIDATING :
POOR QUALITY
SOILS

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de KYOKADO ENGINEERING CO., LTD.

entidad japonesa



establecida en 3-15-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japón

por: "UN METODO DE CONSOLIDAR UN SUELO DE CALIDAD DEFICIENTE"

15.12.75

Esta invención se refiere a un método de consolidación de suelos de calidad deficiente, y en particular a un método de consolidación de suelos en el que un suelo de calidad deficiente o un suelo que pierde agua se modifica convirtiéndolo en un suelo uniformemente y fuertemente consolidado o un suelo estanco al agua.

En esta memoria descriptiva, el término "un suelo de calidad deficiente o un suelo no coherente" tiene por objeto designar un suelo no coherente o que pierde agua encontrado en trabajos de excavación para cimentación de edificios o en trabajos de excavación para el "metro" (o ferrocarril subterráneo). El término "consolidación de un suelo de calidad deficiente" tiene por objeto significar que diversos endurecedores se inyectan en un suelo de calidad deficiente para consolidar éste último, para proporcionar así un suelo resistente e impermeable o un suelo estanco al agua.

En general, un tal suelo de calidad deficiente está formado por una capa de suelo de grano grueso (con inclusión de espacios de aire) y una capa de suelo de grano fino mutuamente superpuestas o depositadas una sobre otra. De acuerdo con ello, es necesario consolidar el suelo de calidad deficiente inyectando endurecedores en el mismo.

En esta invención, la consolidación uniforme de un suelo de calidad deficiente significa que tanto la capa de suelo de grano grueso como la capa de suelo de grano fino arriba

mencionadas se consolidan de este modo para mejorar no sólo la resistencia sino también la característica de estanqueidad al agua del suelo. La consolidación de solamente una de las dos capas que forman el suelo no puede considerarse como la consolidación uniforme del suelo que constituye el objeto de esta invención, y no puede aumentar la resistencia del suelo ni proporcionar un suelo estanco al agua.

Son bien conocidos en la técnica los métodos siguientes de consolidación de un suelo de calidad deficiente:

(1) Método de Vidrio Soluble de Líquido Doble

En este método convencional, se emplean como endurecedores una solución acuosa de agente de gelificación inorgánico o una suspensión que contiene cemento (líquido A) y una solución acuosa de vidrio soluble (líquido B) se emplean como endurecedores. Estos endurecedores, es decir el líquido A y el líquido B, se unen uno con otro por un tubo en forma de Y, y el líquido resultante (al que de aquí en adelante se hace referencia como líquido AB) se inyecta en un suelo a consolidar. Este método es sencillo de aplicación y da resultados excelentes en lo que se refiere a la consolidación; sin embargo, presenta las desventajas siguientes.

(A) El líquido A y el líquido B son endurecedores que dan lugar a una reacción por mezclado y se consolidan. Sin embargo, si los mismos se dejan como materiales sin reaccionar en un suelo, ocasionan un problema tal como contaminación del agua.

Especialmente, si el líquido B se deja como material sin reaccionar en un suelo, emigra al agua subterránea existente en el suelo causando así un grave peligro público. De acuerdo con ello, con objeto de vencer esta dificultad, o con objeto de no dejar un tal material sin reaccionar en el suelo, es necesario unir el líquido A y el líquido B uno con otro en una cierta proporción entre ellos.

Sin embargo, hacer esto prácticamente es extremadamente difícil. En especial, en el caso en que las presiones de inyección de los líquidos son altas o las cantidades de inyección de los líquidos son pequeñas, la proporción de inyección del líquido A al líquido B fluctúa mucho, y en el peor de los casos se inyecta sólo uno de los dos líquidos. De acuerdo con ello, en este método convencional, el material que no ha reaccionado tiende a quedar en el suelo, lo que conduce a la posibilidad de un peligro público tal como la contaminación del agua.

(B) Como consecuencia del mezclado, el líquido A y el líquido B se gelatinizan rápidamente. En el caso en que el líquido A contiene cemento, el líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B se convierte en una suspensión, dado que el líquido A que contiene el cemento es también una suspensión. De acuerdo con ello, el líquido AB es deficiente en permeabilidad y por tanto no puede atravesar más que una capa de suelo de grano grueso.

Así, en este método, una capa de suelo de grano fino es atravesada escasamente por los endurecedores, como resultado de lo cual el suelo tratado por este método es indudablemente de calidad no uniforme.

5 (2) Método de Inyección de Vidrio Soluble con Utilización de Agente de Gelificación Orgánico.

Este método convencional es un vidrio soluble de tipo solución que utiliza un compuesto aldehído o éster como agente de gelificación, y su tiempo de gelificación puede hacerse considerablemente largo. De acuerdo con ello, en este método, es innecesaria la etapa de unión de líquidos que se ha descrito arriba, y además, el vidrio soluble y el agente de gelificación se mezclan exactamente con anterioridad y se inyectan por un método denominado de un solo paso. Adicionalmente, como se trata de un líquido constituido por un producto químico de tipo solución, el mismo puede inyectarse uniformemente en una capa de suelo de grano fino. Sin embargo, este método convencional presenta también una dificultad. Es decir, que como el agente de gelificación es una solución acuosa, el endurecedor tiene una permeabilidad excelente. Debido a esta característica, el endurecedor tiende a escaparse desde los espacios de aire o la capa de suelo de grano grueso hasta una parte del suelo distinta de la inyectada. Por consiguiente, es difícil consolidar grandes espacios de aire y una capa de suelo de grano grueso en un suelo a consolidar. De acuerdo con ello, es también

10

15

20

25

difícil formar u obtener un suelo uniformemente consolidado por este método convencional.

RESUMEN DE LA INVENCION

5

De acuerdo con lo anterior, un objeto primario de esta invención es proporcionar un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente en el que no se ocasiona fuga alguna de endurecedores a las aguas subterráneas y, como consecuencia de ello, no se ocasiona peligro público alguno tal como contaminación del agua.

10

Otro objeto de la invención es proporcionar un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente en el que se efectúa consolidación de una capa de suelo de grano grueso y una capa de suelo de grano fino, proporcionándose así un suelo uniformemente consolidado.

15

Un objeto adicional de la invención es proporcionar un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente por el cual se proporciona un suelo consolidado, de gran resistencia.

20

Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente por el cual se proporciona un suelo consolidado totalmente estanco al agua.

25

Un objeto particular de la invención es proporcionar

un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente en el que se hacen pasar endurecedores a través de un suelo en una dirección deseada para consolidar así una porción deseada del suelo.

5 Los objetos que anteceden y otros objetos se consiguen por la provisión de un método de consolidación de un suelo de calidad deficiente por inyección de endurecedores en el mismo, en el que, de acuerdo con esta invención, una mezcla obtenida por mezclado de agua y agente de gelificación
10 y una solución acuosa de vidrio soluble que contiene agente de gelificación se emplean como endurecedores, y estos endurecedores se unen y se inyectan en el suelo, seleccionándose el agente de gelificación del grupo constituido por éster, aldehído, ácido inorgánico, ácido orgánico, sal inorgánica, sal orgánica,
15 cemento y componente hidráulico de cemento.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

20 Un método para consolidación de suelos de acuerdo con esta invención se describirá con referencia a ejemplos concretos.

 En primer lugar, se preparan un líquido obtenido por mezcla de agua y un agente de gelificación (al que de aquí en adelante se hace referencia como "un líquido A" cuando es aplicable) y una solución acuosa de vidrio soluble que contiene un
25

agente de gelificación (a la que se hace referencia de aquí en adelante como "un líquido B" cuando es aplicable), respectivamente. Como se deduce de lo anterior, el líquido A puede denominarse solución acuosa del agente de gelificación, pero puede reemplazarse por una suspensión de cemento, o por una suspensión de cemento que incluye arcilla tal como bentonita, o arena. La solución acuosa de vidrio soluble, es decir, el líquido B, se prepara de tal modo que tenga un tiempo de gelificación relativamente largo a fin de que no se gelatinice antes de ser inyectado a un suelo.

La mayor parte de los vidrios solubles empleados tienen una proporción molar comprendida entre 1,5 y 5,0, y los agentes de gelificación empleados son, por ejemplo, como sigue:

Esteres

Esteres de ácido graso con alcohol monovalente, tales como acetato de etilo, acetato de metilo, acetato de butilo y acetato de amilo.

Esteres de ácido graso con alcohol polivalente, tales como diacetato de etilenglicol, triacetato de glicerina y diéster de ácido succínico (totalmente esterificado).

Esteres intermoleculares tales como γ -butirolactona y ϵ -caprolactama (ésteres cíclicos: lactonas).

Esteres parcialmente esterificados de alcoholes polivalentes, tales como monoformiato de etilenglicol, monoacetato de etilenglicol, monopropionato de etilenglicol, monoformiato

de glicerina, monoacetato de glicerina, monopropionato de glicerina, diformiato de glicerina, diacetato de glicerina, monoformiato de sorbita, monoacetato de sorbita, monoacetato de glucosa, y acetato de vinilo parcialmente saponificado (polimerización de nivel bajo.)

5

Esteres de ácido graso insaturado tales como diacetoxi-
-etileno $\left(\begin{array}{c} \text{CHOCCH}_3 \\ | \\ \text{CHOCCH}_3 \end{array} \right)$.

Carbonatos tales como carbonato cíclico, por ejemplo carbonato de etileno, carbonato de propileno y carbonato de glicerilo.

10

Aldehidos

Dialdehidos tales como glioxal, dialdehido succínico, dialdehido malónico, aldehido succínico, aldehido glutárico, y dialdehido furfurílico.

15

Acidos

Acidos inorgánicos tales como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido fosfórico.

Acidos orgánicos tales como ácido malónico, ácido succínico, ácido maleico, y ácido tartárico.

20

Sales inorgánicas

Cloruros o clorhidratos tales como cloruro de calcio, cloruro de sodio, cloruro de potasio, cloruro de amonio, cloruro de zinc, y cloruros de aluminio.

Sulfatos tales como sulfato de sodio.

25

Aluminatos tales como aluminato de sodio y aluminato

de potasio.

Cloratos tales como clorato de sodio, clorato de potasio, perclorato de sodio y perclorato de potasio.

5 Carbonatos tales como carbonato de amonio, bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio y bicarbonato de amonio.

Bisulfatos tales como bisulfato de sodio, bisulfato de potasio y bisulfato de amonio.

Bisulfitos tales como bisulfito de sodio, bisulfito de potasio y bisulfito de amonio.

10 Fluosilicatos tales como silicofluoruro de sodio y silicofluoruro de potasio.

Boratos tales como borato de sodio, borato de potasio y borato de amonio.

15 Hidrogenofosfatos tales como hidrogenofosfato de sodio, hidrogenofosfato de potasio e hidrogenofosfato de amonio.

Pirosulfatos tales como pirosulfato de sodio, piro-sulfato de potasio y piro-sulfato de amonio.

Pirofosfatos tales como pirofosfato de sodio, pirofosfato de potasio y pirofosfato de amonio.

20 Bicromatos tales como bicromato de sodio, bicromato de potasio y bicromato de amonio.

Permanganatos tales como permanganato de potasio y permanganato de sodio.

25 Sales de Ca, Al, Mg ó Fe, tales como cal, yeso, alúmina, óxido de hierro, óxido de magnesio, escoria, silicato de

calcio y arcilla, cada una de las cuales produce silicatos por reacción con ácido silícico.

Salas orgánicas

5 Acetato de sodio, succinato de sodio, formiato de potasio, formiato de sodio, etc...

Cementos

Cemento Portland, cemento Portland de escorias de horno alto, cemento de escoria, cemento coloidal, etc.

Componente hidráulico del cemento

10 Con esta denominación se conoce el líquido sobrenadante de la suspensión de cemento, y se prepara mezclando agua y cemento con agitación para obtener una suspensión de cemento, y dejando luego en reposo la misma durante aproximadamente pocos minutos para obtener el líquido sobrenadante en la parte superior de la suspensión. Esta se puede preparar también mezclando 15 vidrio soluble, agua y cemento de la misma manera que se ha mencionado arriba. En este caso, el líquido sobrenadante obtenido se emplea directamente como líquido B.

20 El líquido A y el líquido B arriba descritos se unen mediante el uso de, por ejemplo, un tubo en forma de Y, y se inyectan en un suelo de calidad deficiente (o un suelo suelto) a través de un tubo de inyección.

25 El líquido obtenido uniendo los líquidos A y B (al que se hace referencia de aquí en adelante como "un líquido AB" cuando es aplicable) se gelatiniza mucho más rápidamente por la ac-

ción del agente de gelificación incluido en el líquido A que lo que correspondería al tiempo de gelificación del líquido B. El tiempo de gelificación puede ajustarse en caso deseado seleccionando adecuadamente una proporción de mezcla de la cantidad del agente de gelificación incluido en el líquido A a la cantidad del líquido B.

En el método de esta invención que se ha descrito arriba, incluso si la proporción del ritmo de alimentación (o caudal) del líquido A al del líquido B se hace fluctuar o variar, en primer lugar la gelificación del líquido AB hace que se consolide una capa de suelo de grano grueso, y luego el líquido B atraviesa una capa de suelo de grano fino para consolidar ésta última, como resultado de lo cual tanto la capa de suelo de grano fino como la de grano grueso se consolidan para formar un suelo endurecido que es uniforme en calidad y resistencia. Por tanto, si se aplica a un suelo el método de esta invención, puede evitarse completamente la consolidación no uniforme del suelo que acompaña al método convencional de consolidación de suelos en el que sólo se consolida la capa de suelo de grano grueso pero no se consolida la capa de suelo de grano fino, o sólo se consolida la capa de suelo de grano fino pero no se consolida la capa de suelo de grano grueso. En el método de la invención, el líquido AB y el líquido B sirven para consolidar la capa de suelo de grano grueso y la capa de suelo de grano fino, respectivamente, y por tanto el método puede

denominarse "un método de cementación múltiple de terrenos". Como el líquido B es capaz de consolidar por sí mismo (si el líquido A es una suspensión de cemento, el líquido A también puede consolidar por sí mismo), el líquido B consolida postivamente por sí mismo sin ninguna otra ayuda. De acuerdo con
5 ello, el líquido B nunca emigra del campo o área de inyección del líquido, esto es, el líquido B nunca fluye hasta llegar a las aguas subterráneas por ejemplo. Esto significa que el método de esta invención no causa problema alguno de riesgo público o contaminación. Así, tales efectos o méritos preferibles como los que se han descrito arriba pueden lograrse sin el control de los caudales del líquido A y el líquido B.
10

Otro método de esta invención se describirá ahora, en el que después que una cantidad predeterminada del líquido AB se ha inyectado en un suelo, se suspende la alimentación del líquido A y de acuerdo con ello sólo se inyecta el líquido B.
15

En esta operación, como el líquido AB inyectado primeramente tiene un tiempo de gelificación relativamente corto como se describió antes, el líquido AB atraviesa y llena los espacios de aire grandes, las interfases de los estratos y una capa de suelo de grano grueso (haciéndose referencia a éstos como "una capa de suelo de grano grueso") y se consolida pronto. Entonces, se suspende la inyección y de acuerdo con ello la alimentación del líquido A, y se lleva a cabo continuamente la inyección del líquido B. Como el líquido AB se ha inyectado en
20
25

la capa de suelo de grano grueso descrita arriba, el líquido B (que es superior en permeabilidad debido a que es una solución acuosa, y cuyo tiempo de gelificación puede ajustarse hasta ser relativamente largo) atraviesa la capa de suelo de grano fino poco a poco, y pronto llena y consolida por completo ésta última.

5

Así, el endurecedor consolida el suelo suelto por progresar continuamente desde la capa de suelo de grano grueso a la capa de suelo de grano fino, formando de este modo más fácilmente un suelo resistente uniformemente consolidado.

10

En este método es necesario inyectar sucesivamente el líquido AB y el líquido B en el orden descrito. En esta operación de inyección sucesiva, como el líquido B se inyecta antes que el líquido AB se haya solidificado por completo en la capa de suelo de grano grueso, el líquido B atraviesa la capa de suelo de grano fino atravesando la capa o capas del líquido AB. De acuerdo con ello, la penetración del líquido B en la capa de suelo de grano fino puede conseguirse fácilmente (la operación de inyección sucesiva puede realizarse repetidas veces). Adicionalmente, como el tiempo de gelificación del líquido B puede ajustarse hasta ser relativamente largo, es posible conseguir que el líquido B atraviese una capa de suelo de grano fino en una gran extensión.

15

20

En esta invención, en el caso en que el líquido A es una suspensión de cemento, puede emplearse un agente tensioac-

25

tivo con el fin de mejorar la dispersabilidad del agente de gelificación incluido en el líquido B.

5 Además, con el fin de unir el líquido A y el líquido B, se puede emplear un tubo de inyección doble o pueden emplearse dos tubos de inyección dispuestos en paralelo en lugar del tubo en forma de Y descrito arriba. En este caso, el tubo o tubos se insertan en un suelo a consolidar, y el líquido A y el líquido B pueden unirse uno con otro inmediatamente antes o después que los dos líquidos sean descargados de las salidas respectivas, o bien los dos líquidos pueden unirse uno con otro en el instante en que los mismos emergen de sus salidas respectivas.

10 En la presente invención, la inyección del endurecedor en un suelo puede realizarse de una diversidad de modos. Por ejemplo, la inyección del endurecedor puede lograrse por una técnica muy simple de inyección mediante varilla. Sin embargo, esta técnica de inyección mediante varilla presenta las desventajas siguientes. A saber, en esta técnica se ocasiona un espacio de aire entre la varilla de perforación y el suelo, y de acuerdo con ello el endurecedor brota a través del espacio de aire así ocasionado hacia la superficie de la tierra, como resultado de lo cual es difícil lograr que el endurecedor atravesase la capa de suelo de grano fino, Con objeto de vencer esta dificultad, puede ser necesario hacer más corto el tiempo de gelificación del endurecedor. Sin

embargo, este ajuste del tiempo de gelificación del endurecedor ocasionará otra dificultad, esto es, que es todavía difícil lograr que el endurecedor atraviese la capa de suelo blanda, dado que el endurecedor se gelatiniza mucho más rápidamente. Sin embargo, estos problemas que acompañan al método de inyección por varilla pueden resolverse por completo si el método de acuerdo con la invención se combina con el método de inyección por varilla. Y además, el mérito del método de inyección por varilla, esto es, la sencillez de operación, puede utilizarse eficazmente por la aplicación de la invención al mismo. Más específicamente, por la inyección del líquido AB obtenido uniendo el líquido A y el líquido B, los espacios de aire arriba mencionados y otros grandes espacios de aire existentes en el suelo se llenan con el endurecedor del líquido AB que se gelifica con rapidez y tiene una gran resistencia. Después de ello, se suspende la inyección del líquido A, y se inyecta sólo el líquido B. En este caso, como aquéllos espacios de aire se han llenado y consolidado por el líquido AB, el líquido B no fluye hacia los espacios de aire ni hacia la superficie de la tierra, es decir, que el líquido B puede atravesar completamente la capa de suelo de grano fino, Después de la inyección de la cantidad necesaria del líquido B, la varilla de perforación se desplaza hacia arriba en una altura adecuada, y se realiza la operación de inyección como se ha descrito arriba. Se desplaza adicional-

mente hacia arriba la varilla, y se repite la operación de inyección. De esta manera, puede llevarse a cabo fácilmente el método de acuerdo con la invención combinado con el método de inyección por varilla.

5 Como se ha descrito arriba, una de las características específicas de esta invención reside en el hecho de que la cementación del líquido obtenido por unión entre sí del líquido A y el líquido B se combina ingeniosamente y hábilmente con la cementación del líquido B. De acuerdo con ello, 10 el método de esta invención puede aportar una contribución importante en la consolidación de suelos aunque el mismo es considerablemente sencillo en todos los aspectos operativos.

 El método de acuerdo con esta invención puede modificarse a fin de satisfacer las condiciones de los suelos a 15 consolidar por el mismo. Por ejemplo, en el caso en que el método de esta invención se aplica a suelos en los que brota agua, el método puede llevarse a cabo repetidamente observando las condiciones en que brota el agua. Alternativamente, en primer lugar se inyecta sólo el líquido A ó el líquido B, y 20 después de ello pueden juntarse el líquido A y el líquido B. Además, el método de acuerdo con la invención puede modificarse como sigue: El líquido A descrito arriba y una solución acuosa de vidrio sin el agente de gelificación (a la que se hace referencia de aquí en adelante como "un líquido B" cuando sea aplicable) se emplean como endurecedores. Los dos lí- 25

quidos, a saber, el líquido A y el líquido B', se unen uno con otro y se inyectan en el suelo (lo cual puede reemplazarse uniendo los dos líquidos después de la inyección del líquido A exclusivamente), y después se prepara el líquido B por adición del agente de gelificación al líquido B, o bien al líquido B' se transforma en el líquido B durante la inyección, y simultáneamente se suspende la inyección del líquido A para continuar la inyección del líquido B exclusivamente. Este método es sumamente aplicable en el caso en que un suelo recibe una gran cantidad de endurecedor. En este caso, la cantidad de descarga de la bomba de inyección es, por supuesto, grande, y por tanto es posible mantener relativamente exacta la proporción de combinación del líquido A al líquido B. De acuerdo con ello, el líquido B no fluirá nunca, como un material sin reaccionar, hacia las aguas subterráneas. Esto significa que el método no ocasiona contaminación pública alguna.

En el método arriba descrito, puede llevarse a cabo repetidamente la serie siguiente de etapas u operaciones: la etapa de inyectar el líquido combinado en el suelo, la etapa de cambiar la solución acuosa de vidrio soluble (líquido B) sin el agente de gelificación en la solución acuosa de vidrio soluble (líquido B) con el agente de gelificación, y la etapa de suspensión de la operación de unión de la solución acuosa y el líquido (líquido A) obtenido por mezclado

de agua con el agente de gelificación.

5 El líquido B se prepara mezclando la solución acuosa de vidrio soluble y el agente de gelificación en el mezclador, y se bombea al exterior, con lo que puede obtenerse la proporción de mezclado exacta del mismo, y el líquido B así
10 preparado puede atravesar un suelo por permeabilidad. Sin embargo, es innecesario decir que la preparación del líquido B puede conseguirse transfiriendo o llevando como alimentación la solución acuosa de vidrio soluble y el agente de gelificación a un tubo en forma de Y mediante el uso de los respectivos sistemas de transferencia.

15 Como se deduce evidentemente de la descripción que antecede, la característica específica de la invención reside en el hecho de que la combinación del líquido A y el líquido B, y el líquido B se inyectan sucesivamente en un suelo a consolidar. Si la inyección del líquido B se realiza en un intervalo largo de tiempo después de la inyección del líquido AB, requerirá mucho tiempo la verificación de la nueva penetración, y el paso del líquido B por permeabilización se ve obstruido por
20 el gel duro de la lechada de cemento del líquido AB que se consolidó antes del paso del líquido B por permeabilización, dado que el líquido AB se gelatiniza rápidamente y el gel producido por el mismo es duro. Sin embargo, dado que en la invención el líquido AB y el líquido B se introducen sucesivamente en
25 el suelo, esto es, que la inyección del líquido AB va seguida

inmediatamente por la inyección del líquido B, la lechada de cemento del líquido B puede abrirse paso a través de la lechada de cemento del líquido AB antes que este último líquido se haya gelatinizado por completo. De acuerdo con ello, la inyección del líquido B no se ve obstruida por el líquido AB.

Adicionalmente, el método de acuerdo con esta invención puede modificarse de tal modo que, con respecto a la combinación de los endurecedores, la corriente en chorro del líquido B se aplica a un suelo a consolidar para cortar o mullir así el suelo previamente, y el líquido A se inyecta en el suelo así tratado para unir así los endurecedores en el suelo. Este método se describirá con mayor detalle.

En primer lugar, se practica una perforación en un suelo de calidad deficiente o un suelo suelto, y se inserta en la perforación así practicada un tubo de inyección tal como un tubo doble constituido por un tubo exterior y un tubo interior insertado en el primero. El tubo exterior del tubo doble tiene un extremo abierto, cuyo diámetro es por ejemplo de 90 mm; sin embargo, puede utilizarse una diversidad de tubos exteriores que tienen diámetros diferentes. Por otra parte, el tubo interior tiene un extremo cerrado, en la pared del cual están provistos orificios de chorro (boquillas). El diámetro del tubo interior es opcional, por ejemplo 40 mm (menor que el diámetro del tubo exterior). El tubo interior

debería insertarse en el tubo exterior de tal modo que la porción del extremo, en la que están provistos los orificios de chorro, del tubo interior emerja fuera del extremo abierto del tubo exterior.

5 El líquido B se inyecta a; por ejemplo, varias decenas de kg/cm^2 hasta 1000 kg/cm^2 o preferiblemente entre 100 y 500 kg/cm^2 en el suelo a través del tubo interior, para así cortar o mullir el suelo. Después de ello, el líquido A se inyecta (a una presión de aproximadamente 10 kg/cm^2) en el suelo
10 así tratado. En relación con esto, no debe aplicarse al suelo una corriente en chorro de alta presión del líquido A, debido a la razón siguiente. En el caso en que el líquido A es una suspensión de cemento, la corriente en chorro de alta presión de la suspensión de cemento dará lugar a que las boquillas del
15 tubo interior se deterioren o se obstruyan.

El líquido A y el líquido B así inyectados se unen y se consolidan en el interior del suelo. A continuación, el tubo doble se desplaza gradualmente hacia arriba mientras que se hace girar, y el corte y mullido del suelo, así como la
20 unión de los líquidos arriba descritos, se efectúan continuamente. De este modo, las porciones cortadas o mullidas del suelo se consolidan en forma de una columna . Si el tubo doble se desplaza hacia arriba sin rotación, se forma un cuerpo consolidado semejante a una película (una película consolidada).
25 (La dirección de paso por permeabilización está determinada

por el chorro, lo que conduce a la formación del cuerpo consolidado semejante a una película.)

5 En un tal método de corriente en chorro de alta presión como se ha descrito arriba, no se produce contaminación pública alguna como se ha descrito, con indiferencia de la proporción de mezclado de los endurecedores, y no sólo se consolida la capa de suelo de grano grueso sino también la capa de suelo de grano fino, transformándose así el suelo suelto en un suelo múltiple, uniforme y fuertemente consolidado. Como en este método el suelo se corta y se mulle por medio del empleo del líquido B, se mejora considerablemente la penetración de los endurecedores. Además, el corte y el mullido del suelo pueden efectuarse en una dirección deseada, y por esta razón la penetración del endurecedor puede orientarse según se desee. (En el caso en que el líquido A es una suspensión de cemento, casi la totalidad del líquido A es retenida en la capa de suelo de grano grueso, es decir, no pasa más allá, y se une con el líquido B en ella, gelatinizándose en un breve espacio de tiempo.)

10
15
20 Como resulta evidente de la descripción anterior, de acuerdo con el método de corriente en chorro de alta presión, el endurecedor (lechada de cemento) utilizando esencialmente el líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B sirve para consolidar fuertemente la capa de suelo de grano grueso (para aumentar así la resistencia del suelo),

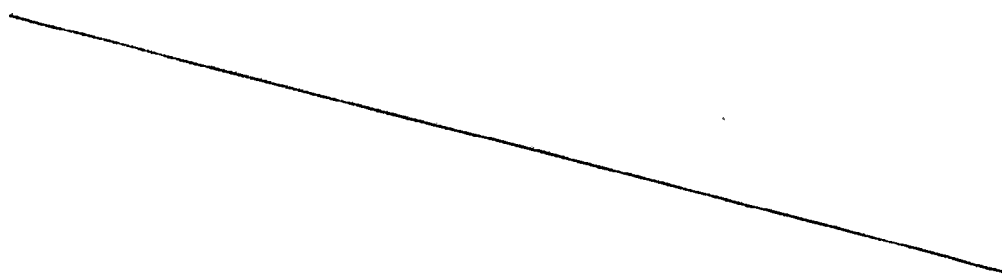
25

mientras que el endurecedor (lechada de cemento) en que se utiliza esencialmente el líquido B sirve para consolidar la capa de suelo de grano fino (para completar así en su totalidad la detención del flujo de agua). Como resultado de ello, tanto
5 la capa de suelo de grano grueso como la capa de suelo de grano fino se consolidan uniformemente en una sola unidad, con lo que se proporciona un suelo uniforme y fuertemente consolidado en el que se completa la detención del flujo de agua.

Esta invención se describirá con mayor detalle mediante la presentación de una diversidad de ejemplos.
10

EJEMPLO 1

(1) Se prepararon varios líquidos A y líquidos B, de acuerdo con las proporciones de mezcla que se indican en las
15 Tablas I-A, I-B y IC. Estos líquidos A y líquidos B se unieron, respectivamente, y se determinaron sus tiempos de gelificación como se indica en las Tablas arriba mencionadas.



25

Tabla I-A

Líquido A (50 cm ³)	Líquido B (50 cm ³) (Tiempo de gelificación, 47 min/15°C)			Tiempo de gelificación del líquido AB		
	Agente de gelificación Agua	Vidrio soluble Nº3 (peso específico 1,4):cm ³	Agente de gelificación	Agua	min (")	seg (")
Acido fosfórico, 2 cm ³ El resto	15	Diacetato de etilenglicol, 1,5	El resto	5'		
Acido fosfórico, 2,5 cm ³ "	"	"	"	1'		
Fosfato primario de sodio, 4 g "	"	"	"	4'		
Fosfato primario de sodio, 6 g "	"	"	"			50"

5

10

15

20

25

TABLA I-B

Líquido A (50 cm ³)			Líquido B (50 cm ³) (Tiempo de gelificación: 47 min/15°C)			Tiempo de gelificación del líquido AB	
Cemento(g)	Bentonia (g)	Agua	Vidrio Soluble N°3 (peso específico 1,4)	Agente de gelificación	Agua	min (')	seg (")
10	1	El resto	15	Diacetato de etilenglicol, 1,5	El resto	3'	20"
8	0,8	"	"	"	"	4'	30"
5	0,5	"	"	"	"	7'	10"
2,5	0,25	"	"	"	"	0'	19"
2,5	2,5	"	"	"	"	0'	45"

5

10

15

20

25

Tabla I-C

	Líquido A (50 cm ³)		Líquido B (50 cm ³)		Tiempo de gelificación del líquido B (15°C)	Tiempo de gelificación del líquido AB min (') seg (")
	Cemento	Bentonita	Agua	Vidrio Soluble No 3 (peso específico 1,4) cm ³		
5	10 g	1 g	El resto	15	47 minutos	3' 20"
10	"	"	"	12,5	60 minutos	3' 30"
	"	"	"	12,5	50 minutos	1' 10"
	"	"	"	12,5	45 minutos	4' 20"
15	"	"	"	12,5	55 minutos	3' 05"
	"	"	"	12,5	30 minutos	2' 50"
20	"	"	"	12,5	60 minutos	3' 10"

Tabla I-C

Líquido A (50 cm ³)			Líquido B (50 cm ³)		
Cemento	Bentonita	Agua	Vidrio Soluble Nº 3 (peso es- pecífico 1,4) cm ³	Agente de geli- ficación	Agua
10 g	1 g	El resto	15	Diacetato de eti- lenglicol, 1,5 g	El rest
"	"	"	12,5	Gamma-butil- lactona, 1,5 g	"
10	"	"	12,5	Carbonato de etileno, 2 g	"
"	"	"	12,5	Acido fosfórico, 1,5 g	"
"	"	"	12,5	Aluminato de sodio, 1,5 g	"
15	"	"	12,5	Acido acético, 1,5 g	"
"	"	"	12,5	Acetato de sodio, 3,0 g	"

20

25

a de geli- ión	Agua	Tiempo de gelifi- cación del líqui- do B(15°C)	Tiempo de gelifi- cación del líqui- do AB min (') seg (")	
a de eti- L, 1,5 g	El resto	47 minutos	3'	20"
til- 1,5 g	"	60 minutos	3'	30"
o de etileno,	"	50 minutos	1'	10"
sfórico,	"	45 minutos	4'	20"
o de sodio,	"	55 minutos	3'	05"
óstico,	"	30 minutos	2'	30"
de sodio,	"	60 minutos	3'	10"

Como se deduce claramente de las Tablas I-A, I-B y I-C, el tiempo de gelificación de un líquido obtenido por unión de un líquido A y un líquido B es mucho más corto que el del líquido B.

5 (2) Se llevó a cabo una construcción de ensayo por aplicación del método de esta invención a una capa de grava con agua subterránea en el cauce de un río.

Líquido A (50 litros): 25 kg de cemento, 2,5 kg de bentonita, y el resto de agua.

10 Líquido B (50 litros): 15 litros de vidrio soluble Nº 3, 1,5 litros de diacetato de etilenglicol, y 33,5 litros de agua.

15 El líquido A y el líquido B así preparados se suministraron al mismo caudal (15 litros/minuto) a un tubo en forma de Y para unirse uno con otro, y se inyectaron en la capa por medio de un tubo de inyección. La capa de grava incluía agua subterránea, y el ensayo de permeabilidad en campo dió como resultado un coeficiente de permeabilidad $K = 6,2 \times 10^{-2}$ cm/seg antes de la inyección. En cambio, el coeficiente de permeabilidad cambió a $K = 2,5 \times 10^{-5}$ cm/seg después de la inyección del líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B. Así, se demostró que el suelo podía mejorarse convirtiéndose en un suelo suficientemente estanco al agua.

25 Después de la inyección, se perforó el suelo a fin

de detectar las condiciones del mismo. Como resultado, se encontró que el líquido AB, es decir, el líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B, se había consolidado en la capa de suelo de grano grueso de aquél, y el líquido B se había consolidado en la capa de suelo de grano fino. No se encontró fuga alguna del líquido B hacia las porciones innecesarias del suelo.

EJEMPLO 2

Se realizó otro ensayo aplicando el método de esta invención a un lugar en excavación en Tokio, Japón, donde la capa de arena de grano fino y la capa de arena de grano grueso se superponían mutuamente.

Líquido A (50 litros): 10 kg de cemento, 1 kg de bentonita, y el resto de agua.

Líquido B (50 litros): 15 litros de vidrio soluble, 1,5 litros de diacetato de etilenglicol, y 33,5 litros de agua.

El líquido A y el líquido B así preparados se suministraron al mismo caudal (10 litros/minuto) a un tubo en forma de Y para unirse uno con otro, esto es, para formar el líquido AB, inyectándose luego en el suelo por medio de un tubo de inyección. Después de la inyección del líquido AB a

un caudal de 20 litros/minuto, la inyección del líquido A se suspendió y se inyectaron 3000 del líquido B exclusivamente, a un caudal de 10 litros/minuto.

5 Después de la inyección, se perforó el suelo para observar las condiciones del mismo. Como resultado, se encontró que el cemento y la bentonita se habían consolidado concentrándose en la interfase de las capas y en la capa de arena de grano grueso, y que la capa de arena de grano fino y la porción de la capa de arena de grano grueso en que no había
10 penetrado cantidad alguna de cemento y de bentonita se habían consolidado en una gran parte de las mismas con ayuda del vidrio soluble. No se encontró fuga alguna del líquido B hacia las porciones innecesarias del suelo.

15 De acuerdo con los ensayos de permeabilidad en campo, los coeficientes de permeabilidad K de la capa de arena de grano grueso y de la capa de arena de grano fino eran $2,8 \times 10^{-2}$ cm/seg y $4,8 \times 10^{-3}$ cm/seg, respectivamente, antes de la inyección, y se convirtieron en $6,7 \times 10^{-6}$ cm/seg y $1,3 \times 10^{-6}$ cm/seg, respectivamente, después de la inyección. El resultado de un
20 ensayo de sondeo normalizado fue $N = 5$ a 10 antes de la inyección, pero mejoró a $N = 18$ a 26 después de la inyección. Así, se confirmó que el método de acuerdo con esta invención tiene un efecto de inyección excelente.

25

EJEMPLO 3

Se llevó a cabo un ensayo de inyección de acuerdo con el método de esta invención, en un suelo de humus.

5 Se prepararon los endurecedores siguientes según se indica:

Líquido A (para 100 litros): 40 kg de cemento, 5 kg de bentonita, y el resto de agua.

10 Líquido B' (para 100 litros): 30 litros de vidrio soluble Nº 3, y 70 litros de agua.

15 Líquido B (para 103 litros): 30 litros de vidrio soluble Nº 3, 3 litros de diacetato de etilenglicol y 70 litros de agua.

La preparación se hizo de tal modo que el líquido A y el líquido B' así preparados se suministraron a un tubo en forma de Y por medio de las bombas respectivas para unirse uno con otro, y que el líquido obtenido por esta unión pudo inyectarse al suelo. En primer lugar, se inyectaron sólo 1000 litros del líquido A a un caudal de 15 litros/minuto, y luego se unió el líquido B' con el líquido A alimentando el primero a un caudal de 15 litros/minuto, inyectando así la cantidad total de 1000 litros del líquido A y el líquido B'. Después de ello se cambió el lí-

20

25

quido B por el líquido B por adición del diacetato de etilenglicol. Se suspendió la inyección del líquido A, y se inyectaron 2000 litros del líquido B a un caudal de 15 litros/minuto.

5 De acuerdo con los ensayos de permeabilidad en campo, el coeficiente de permeabilidad K era $3,8 \times 10^{-1}$ cm/seg antes de la inyección, y era $6,9 \times 10^{-6}$ cm/seg después de la inyección. El suelo de humus así tratado se perforó para observar las condiciones del mismo. Como resultado, se encontró que el cemento y la bentonita se habían consolidado (consolidación
10 del líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B) en los grandes espacios de aire (la capa de suelo de grano grueso) existentes en la capa de suelo de humus, y que la otra porción del suelo estaba completamente consolidada con ayuda de la lechada de vidrio soluble (la capa de suelo de grano fino).
15 no).

EJEMPLO 4

20 Se añadió cemento Portland a una solución acuosa de vidrio soluble Nº 3 variando la cantidad del cemento Portland para cada determinación, y la mezcla resultante se agitó, a fin de determinar el tiempo de gelificación de la misma. Los tiempos de gelificación así determinados se presentan en la Tabla 2 (Experimento 1).

25

Tabla 2

	Solución acuosa de vidrio soluble Nº 3 (cm ³)	Agua (cm ³)	Cemento (g)	Tiempo de gelificación (a 20°C)	
				Minutos (')	Segundos (")
5	25	75	1	58'	
	"	"	2	35'	
	"	"	5	8'	
	"	"	10	2'	15"
10	"	"	15	1'	15"
	"	"	20		55"

15 Se añadieron 50 g de cemento Portland a 100 cm³ de agua, y se mezclaron estos materiales para formar una solución mezcla. Se emplearon 50 cm³ de la solución mezcla así formada como líquido A. Además, se mezclaron 25 cm³ de vidrio soluble Nº 3, 75 cm³ de agua, y 1 g de cemento para obtener una solución mezcla, 50 cm³ de la cual se emplearon como líquido B. Cuando se unieron 20 entre sí el líquido A y el líquido B así obtenidos, el líquido resultante se gelatinizó en 1 minuto y 10 segundos, mientras que el tiempo de gelificación del líquido B por separado era de 60 minutos (Experimento 2).

25 Se llevó a cabo un ensayo de inyección para un suelo formado por una capa de grava y una capa de arena en Tokio, Japón.

Se prepararon un líquido A y un líquido B como se ha descrito con respecto al Experimento 2. El líquido A y el líquido B así preparado se alimentaron, al mismo caudal de 15 litros/minuto, a un tubo en forma de Y para unir entre sí estos dos líquidos, y el líquido resultante se inyectó al suelo. Después de haber inyectado al mismo 5000 litros del líquido, se suspendió la alimentación del líquido A y se inyectaron 500 litros del líquido B. Como resultado de la investigación del suelo por perforación de un taladro en el mismo, se encontró que el endurecedor de vidrio soluble más rico en cantidad de cemento se había consolidado esencialmente en la capa de grava, mientras que el endurecedor de vidrio soluble menos rico en cantidad de cemento se había consolidado esencialmente en la capa de arena, es decir, que no se perdía por flujo parte alguna de los materiales inyectados, y que el suelo inyectado con los endurecedores estaba en su totalidad consolidado formando una sola unidad.

EJEMPLO 5

20

Cincuenta (50) g de cemento Portland se mezclaron con 100 cm³ de agua para obtener una mezcla, 50 cm³ de la cual se emplearon como líquido A.

Una mezcla obtenida por mezclado de 25 cm³ de vidrio soluble Nº 3, 75 cm³ de agua y 2 g de cemento se agitó y se de-

jó luego en reposo durante tres minutos. El líquido que sobrenadaba de 50 cm^3 de la mezcla así tratada se empleó como líquido B. Cuando se mezclaron el líquido A y el líquido B, el líquido resultante se gelatinizó en 50 segundos. (Experimento 1).

5

Adicionalmente, 50 g de cemento Portland se mezclaron con 100 cm^3 de agua para obtener una mezcla, 50 cm^3 de la cual se emplearon como un líquido A análogamente al caso anterior.

10

Una mezcla obtenida por mezclado de 50 g de cemento Portland y 100 cm^3 de agua se agitó durante dos minutos y se dejó luego en reposo durante tres minutos. Después de ello, 50 cm^3 del líquido sobrenadante de la mezcla así obtenida se mezclaron con 50 cm^3 de una mezcla obtenida por mezclado de 25 cm^3 de vidrio soluble y 25 cm^3 de agua, proporcionándose así una mezcla de 100 cm^3 . Esta mezcla se dividió en dos partes, empleándose una primera parte como líquido B, mientras que la segunda parte se dejó en reposo. Cuando se mezclaron el líquido A y el líquido B, el líquido resultante se gelatinizó en 50 segundos. Por el contrario, la segunda parte dejada en reposo se gelatinizó en 80 minutos (Experimento 2).

15

20

Se realizó un ensayo de inyección en un suelo formado por una capa de arena de grano grueso y una capa de arena de grano fino en Tokio, Japón.

25

Se prepararon un líquido A y un líquido B de acuerdo con lo descrito con referencia al Experimento 1. El líquido A y el líquido B alimentados, a un caudal de 10 litros/minuto, por

las bombas respectivas, se unieron por medio de un tubo en forma de Y, y el líquido resultante, o líquido AB, se inyectó en el suelo con un tubo de inyección. Después de la inyección de aproximadamente 200 litros del líquido AB, se suspendió la alimentación del líquido A, y se inyectaron en el suelo 400 litros del líquido B.

Una vez completada la inyección, se perforó el suelo para investigación. Como resultado, se encontró que la capa de arena de grano grueso estaba rellena con un vidrio soluble consolidado mezclado con cemento, mientras que la capa de arena de grano fino estaba rellena esencialmente con el gel de vidrio soluble no mezclado con cemento. Es decir, se confirmó que el suelo inyectado con los endurecedores estaba consolidado en su totalidad.

EJEMPLO 6

Se realizó un ensayo de inyección a presión elevada con un suelo de calidad deficiente formado por una capa de arcilla de limo en Tokio, Japón.

Se perforó en el suelo un orificio de 100 mm de diámetro y 10 m de profundidad. Se insertó en el orificio un tubo exterior de 90 mm de diámetro (un tubo de barra que tenía un extremo abierto para inyectar un líquido A), y se insertó coaxialmente en el interior del tubo exterior un tubo interior de 40 mm de

diámetro (que tenía un extremo cerrado en cuya pared existían orificios de boquilla para inyectar un líquido B), proporcionándose así un tubo doble. Más específicamente, la parte de la pared de la porción extrema del tubo interior estaba provista de dos orificios de boquilla de tal modo que la corriente en chorro del líquido B pudiera lanzarse perpendicularmente al eje longitudinal del tubo, y la inserción del tubo interior se realizó de tal manera que la porción extrema del tubo interior sobresalía del tubo exterior.

Los endurecedores (o sea, el líquido A y el líquido B) a inyectar en el suelo de calidad deficiente se prepararon como sigue:

Preparación del líquido A: 400 kg de cemento y 40 g de bentonita se mezclaron con agua para obtener una mezcla de 1 m^3 .

Preparación del líquido B: 250 litros de vidrio soluble y 334 de diacetato de etilenglicol (un agente de gelificación) se mezclaron con agua para obtener una mezcla de 1 m^3 . (Esta mezcla se gelatiniza en aproximadamente 60 minutos). Cuando el líquido A y el líquido B se unen entre sí, el líquido resultante se consolidará en aproximadamente 40 segundos.

El líquido B así preparado se inyectó, a una presión elevada de 200 kg/cm^2 , a través del tubo interior, el cual se mantenía en rotación, mientras que el líquido A se inyectaba también a una presión de 10 kg/cm^2 a través del tubo exterior.

En esta operación, el suelo se cortó y se mullió por la corriente en chorro del líquido B, y simultáneamente se inyectó el líquido A en la porción cortada y mullida del suelo, como resultado de lo cual el líquido A y el líquido B se reunieron en dicha porción cortada y mullida del suelo.

Después de ello, se continuaron la operación de corte y mullido del suelo y la operación de unión e inyección de los dos líquidos mientras que el tubo doble se desplazaba gradualmente hacia arriba. Pronto, la porción cortada y mullida del suelo se consolidó para formar un cuerpo consolidado semejante a una columna.

De acuerdo con la investigación realizada practicando un taladro en el suelo, se encontró que la porción del cuerpo consolidado semejante a una columna cubierta por su diámetro de 30 cm, estaba formada esencialmente por cemento y el resto estaba formado esencialmente por vidrio soluble, y que como un todo, tanto la capa de suelo de grano grueso como la capa de suelo de grano fino se modificaron en un cuerpo consolidado uniformemente. Esto significa que el líquido A atravesaba esencialmente, como endurecedor, la capa de suelo de grano grueso, mientras que el líquido B atravesaba esencialmente, como endurecedor, la capa de suelo de grano fino. De acuerdo con un ensayo de laboratorio, el cuerpo consolidado exhibía una resistencia a la compresión de aproximadamente 80 kg/cm^2 . Además, no se observaba fuga alguna del líquido B. La totalidad de los endurecedores se había

consolidado, y por tanto no se presentó problema alguno que pudiera causar un peligro público tal como contaminación del agua.

EJEMPLO 7

5

Análogamente al Ejemplo 6, se aplicó un ensayo de inyección a un suelo de calidad deficiente (un suelo que perdía agua) formado por una capa de arcilla agrietada en Tokio, Japón.

10

Se practicaron cinco orificios, cada uno de los cuales tenía un diámetro de 100 mm y una profundidad de 10 m, situados en línea recta, a intervalos de 80 cm en el suelo. Además, se prepararon dos tubos de inyección. Uno de los dos tubos de inyección (al que de aquí en adelante se hace referencia como tubo A cuando es aplicable) tenía un diámetro de 40 mm y un extremo abierto, mientras que el otro (al que se hace referencia de aquí en adelante como tubo B cuando es aplicable) tenía un diámetro de 40 mm y una porción extrema cerrada. Sin embargo, las paredes opuestas de la porción extrema cerrada del tubo B estaban provistas de dos orificios de boquilla. Estos dos tubos, dispuestos en paralelo, se insertaron en cada uno de los orificios practicados en el suelo, de tal manera que el extremo del tubo B (orificios de boquilla) estuviera situado a mayor profundidad que el extremo del tubo A y que los orificios de boquilla estuvieran orientados hacia los orificios adyacentes practicados en el suelo.

15

20

25

Se emplearon los mismos líquido A y líquido B que en el Ejemplo 6.

5 El líquido B se inyectó a una presión alta de 200 kg/cm² a través de la totalidad de los tubos B en el suelo, y simultáneamente se inyectó el líquido A a una presión de 5 kg/cm² a través de la totalidad de los tubos A en el suelo. En esta operación, el suelo se cortó y se mullió en la dirección obtenida por unión de los cinco orificios, y por tanto el líquido A y el líquido B se unieron en la porción cortada y mullida del suelo.

10 Adicionalmente, se continuaron la operación de unión e inyección del líquido A y el líquido B y la operación de corte y mullido del suelo, mientras que los tubos A y B se desplazaron gradualmente hacia arriba. Pronto, la porción cortada y mullida del suelo se consolidó para formar una película consolidada de 30 cm de anchura y 4 m de longitud.

15 De acuerdo con la investigación realizada por perforación del suelo, se observó que la porción central, de 10 cm de anchura, de la película consolidada, estaba formada por un cuerpo consolidado que contenía esencialmente cemento, que la porción restante de aquélla estaba formada por un cuerpo consolidado que contenía esencialmente vidrio soluble, y que como un todo, tanto la capa de suelo de grano grueso como la capa de suelo de grano fino se habían modificado para formar un cuerpo
20
25 uniformemente consolidado (un mortero múltiple), deteniéndose

de este modo por completo las fugas de agua. Esto significa que un endurecedor que contenía esencialmente el líquido A atravesaba la capa de suelo de grano grueso, mientras que un endurecedor que contenía esencialmente el líquido B atravesaba la capa de suelo de grano fino. De acuerdo con un ensayo de laboratorio, el cuerpo consolidado exhibía una resistencia a la compresión de aproximadamente 80 kg/cm^2 .

Además, no se observó fuga alguna del líquido B. La totalidad del líquido A y el líquido B se había consolidado, y de acuerdo con ello no se presentaba problema alguno que pudiera representar un riesgo público, tal como contaminación de las aguas.

EJEMPLO 8

A continuación se describe un ejemplo en el que la presente invención se aplicó a una construcción de túnel. Debido a la aplicación de la invención, en esta construcción de túnel el efecto de guarda de la arena y el efecto de detención del agua pudieron conseguirse, perforándose de este modo el túnel en condiciones de seguridad.

La invención se aplicó a una construcción de ensayo de túnel en Tokio, Japón.

Se practicaron ocho orificios horizontales, cada uno de los cuales tenía 10 m de longitud, sobre la superficie de

la circunferencia de un cilindro de 5 m de diámetro que tenía su eje horizontal central a 8 metros por debajo de la superficie de la tierra. Se insertaron los mismos tubos dobles que en el Ejemplo 6 en los ocho orificios horizontales así practicados, respectivamente. En este caso, se insertó una barra de acero (como miembro tensor) en cada uno de los tubos dobles.

Se prepararon el mismo líquido A y el mismo líquido B que en el Ejemplo 6. En primer lugar, análogamente al caso del Ejemplo 6, se inyectó el líquido B a una presión de 200 kg/cm^2 en una sola dirección (sin rotación) a través del tubo interior del tubo doble, y simultáneamente se inyectó el líquido A, con lo cual se unieron entre sí los dos líquidos. A continuación, se retiraron los tubos dobles de los orificios dejando en éstos la barra de acero.

De acuerdo con la investigación realizada después de completarse la inyección de acuerdo con la invención, se observó que se había formado horizontalmente alrededor del orificio practicado un cuerpo consolidado en forma de columna de aproximadamente 30 cm de diámetro y que incluía esencialmente mortero de cemento. Como este cuerpo consolidado en forma de columna tenía la barra de acero que servía como miembro tensor, la resistencia del cuerpo consolidado obtenido de acuerdo con esta invención era muy grande.

De acuerdo con ello, el cuerpo consolidado servía como viga de guarda contra la arena. Además, una zona o área en la que

el endurecedor que contenía esencialmente vidrio soluble establecía comunicación continua entre los cuerpos consolidados en forma de columna formando así una región de detención del agua. Es decir, que en esta construcción de túnel, se lograron el efecto de guarda contra la arena y el efecto de detención del agua, con lo cual el suelo pudo perforarse en condiciones de seguridad, y de acuerdo con ello la construcción del túnel se llevó a cabo regularmente.

Adicionalmente, la barra de acero descrita arriba puede insertarse en el líquido que se obtuvo uniendo el líquido A y el líquido B y se inyectó en el orificio, antes de la consolidación del líquido. En otros términos, en primer lugar se inyectan en el orificio el líquido A y el líquido B, y antes de consolidarse el líquido obtenido por unión del líquido A y el líquido B, se inserta la barra de acero en el líquido del orificio por martilleado de la misma.

REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva, que se present-
tan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Inven-
ción en España. por VEINTE años, son los que se recogen en las
reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un método de consolidar un suelo de calidad defi-
ciente por inyección de endurecedores en el mismo, en el cual
una mezcla de agua y agente de gelificación y una solución acuo-
sa de vidrio soluble que contiene agente de gelificación se
emplean como dichos endurecedores, se unen entre sí dichos endu-
recedores, y el líquido resultante se inyecta en dicho suelo,
15 seleccionándose dicho agente de gelificación del grupo consti-
tuido por éster, aldehído, ácido inorgánico, ácido orgánico,
sal inorgánica, sal orgánica, cemento y componente hidráulico
de cemento.

20 2ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª,
en el que dicha mezcla de agua y agente de gelificación es un
agente en solución acuosa.

 3ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª,
en el que dicha mezcla de agua y agente de gelificación es una
suspensión de cemento.

25 4ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª,
en el que dicho éster es un éster seleccionado del grupo consti-

tuido por éster de ácido graso, carbonatos y lactonas.

5ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que dicho aldehído es un dialdehído.

5 6ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que dicho líquido resultante obtenido por unión de dichos endurecedores se inyecta en dicho suelo, y durante la inyección se suspende la operación de unión de dicha mezcla de agua y agente de gelificación y sólo se inyecta continuamente dicha solución acuosa de vidrio soluble que contiene agente de gelificación

10 7ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 6ª, en el que se llevan a cabo repetidamente una primera etapa de inyección de dicho líquido resultante en dicho suelo y una segunda etapa de suspensión de la operación de unión de dicha mezcla después de la primera etapa.

15 8ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que una mezcla de agua y un agente de gelificación y una solución acuosa de vidrio soluble sin agente de gelificación se emplean como dichos endurecedores, dichos endurecedores se unen entre sí y se inyecta líquido en dicho suelo, y durante la inyección dicha solución acuosa de vidrio soluble se modifica convirtiéndose en una solución acuosa de vidrio soluble que contiene agente de gelificación, y después de ello se suspende la operación de unión de dicha mezcla de agua y agente de gelificación para de este modo inyectar sucesivamente solo dicha solución
20
25 acuosa de vidrio soluble que contiene el agente de gelificación.

5 9ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 8ª,
en el que se llevan a cabo repetidamente una serie de etapas
consistentes en inyectar dicho líquido resultante en dicho
suelo, modificar dicha solución acuosa de vidrio soluble sin
agente de gelificación convirtiéndola en dicha solución acuosa
de vidrio soluble que contiene el agente de gelificación,
y suspender la operación de unión de dicha mezcla del agua
y el agente de gelificación.

10 10ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª,
en el que con respecto a la operación de unión de dichos endu-
recedores, en primer lugar se inyecta dicha solución acuosa de
vidrio soluble que contiene agente de gelificación, a una pre-
sión elevada en dicho suelo previamente con lo cual se corta
o muelle dicho suelo, y después se inyecta dicha mezcla de agua
15 y agente de gelificación en dicho suelo así cortado o mullido
con lo cual se juntan dichos endurecedores en dicho suelo.

11ª.- Un método de consolidar un suelo de calidad defi-
ciente.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,
y para los fines que se han especificado.

25

15.12.75

Esta Memoria consta de cuarenta y seis hojas escritas
a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

ENE. 1976

5

Alberto de ~~Elizaga~~
Por ~~Foras~~

10

15

20

25

15.12.75/CMA.